



Die Eisenbahnbrücke zwischen Eglisau und Hüntwangen-Wil: Im Brückenmonitoring wurde eine weitere Nutzungsdauer der Brücke von mindestens 50 Jahren vorausgesagt.

terra vermessungen ag

Brückenmonitoring in Eglisau

Bahnbauwerke müssen regelmässig bezüglich Sicherheit und der daraus abgeleiteten Restnutzungsdauer geprüft werden. Anhand eines modularen Monitoring-Konzepts konnte die SBB nun in einem Pilotprojekt die Restnutzungsdauer der Eisenbahnbrücke Eglisau präzise berechnen.

Der Bahnverkehr in der Schweiz nimmt laufend zu. Das wirkt sich auch auf Infrastrukturbauten wie Eisenbahnbrücken aus: Höhere Achslasten und Zugfrequenzen beanspruchen die Brücken zunehmend.

Die steigenden Anforderungen des modernen Bahnverkehrs stellen die Eigentümer von Bahnbrücken deshalb immer regelmässiger vor die Aufgabe, ihren Bauwerksbestand hinsichtlich der Sicherheit und der daraus resultierenden Restnutzungsdauer zu beurteilen. Zuverlässige Aussagen zu Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Ermüdungssicherheit spielen dabei eine entscheidende Rolle.

Im Rahmen des Projekts «Brückenmonitoring an der Eisenbahnbrücke Eglisau» wurden die erforderlichen Informationen, um Sicherheit und Restnutzungsdauer zu beurteilen, mit einem leicht anpassbaren,

modularen Monitoring-Messkonzept erfasst. Die SBB hat mit dem Pilotprojekt langfristige Daten gesammelt und auf deren Basis zuverlässige Aussagen zur Restnutzungsdauer der Bahnbrücke Eglisau getroffen.

Wie lange noch sicher?

In den Jahren 1895 bis 1897 wurde die Eisenbahnbrücke Eglisau über den Rhein als eingleisige Verbindung zwischen Eglisau und Hüntwangen-Wil auf der Strecke Bülach-Schaffhausen erbaut. Im zentralen Bereich des 457 Meter langen Bauwerks befindet sich eine 90 Meter lange frei tragende, genietete Stahlfachwerkkonstruktion. Diese Stahlkonstruktion wurde im Auftrag der SBB geprüft. Die Prüfung zeigte, dass die statische Ausnutzung der Stahlkonstruktion sehr hoch ist, die Trag- und Ermüdungssicherheit konnte knapp nicht nachgewiesen

werden. Folglich wären Verstärkungsmassnahmen erforderlich gewesen, die aufgrund der Lage und Zugänglichkeit sowie der betrieblichen Abläufe nur mit grossem technischem und finanziellem Aufwand hätten ausgeführt werden können.

Bisherige Tragwerksanalysen basierten nur auf Berechnungen, die bezüglich der Ermüdungssicherheit Ungenauigkeiten und nicht quantifizierbare Sicherheitsreserven beinhalteten. Aus diesem Grund entschied die SBB, die Annahmen hinsichtlich der Tragwerksbeanspruchungen zu überprüfen und die verwendeten Tragwerksmodelle zu verfeinern. Die Trag- und Ermüdungssicherheit sollte anhand möglichst wirklichkeitsnaher Informationen zur Beanspruchung des Tragwerks nachgewiesen werden. Im Unterschied zu bisherigen Untersuchungen sollte diese Überprüfung durch



129 Dehnungsmessgeber erfassen die Daten, sobald ein Zug auf die Brücke fährt.

ein umfassendes Monitoring-Programm abgestützt werden. Dadurch können die Beanspruchungen des Brückenbauwerks mit höherer Präzision erfasst werden.

Ziele des Pilotprojekts

Die Projektabwicklung erfolgte in vier Phasen über insgesamt zwei Jahre. Das «Monitoring der Bahnbrücke Eglisau» sollte das tatsächliche Tragverhalten durch messtechnisches Erfassen von Dehnungen und Verschiebungen an charakteristischen Stellen der Stahlkonstruktion möglichst genau erfassen. Mit messtechnisch abgesicherten Berechnungsannahmen und einem optimierten Tragwerksmodell sollen damit die Nachweise der Tragsicherheit, der Gebrauchstauglichkeit und der Ermüdungssicherheit erbracht werden. Im Weiteren sollte die Restnutzungsdauer genauer abgeschätzt werden, mit dem Zweck, den künftigen Aufwand für Erhaltungsmaßnahmen zu reduzieren. Als Pilotprojekt hatte das Brückenmonitoring zum Ziel, neue Erkenntnisse für effiziente, messtechnische Überwachungskonzepte von Kunstbauten oder ähnlichen Objekten zu liefern.

Belastung automatisch erfassen

In einer ersten Projektphase wurden die Anforderungen für die Nachweisführung an das vollautomatische Monitoring-System und dessen Messtechnik definiert. Im Jahr 2010 wurde das plattformunabhängige Monitoring-System swissmon innerhalb von drei Wochen erfolgreich installiert. Für die Erfassung der statischen Belastung wurden an definierten Stellen auf der Brücke Lokomotiven als Lasten positioniert und die hierbei auftretenden Tragwerksverformungen für sieben Lastfälle gemessen. Für die dynamischen Belastungsversuche fuhr eine Lokomotive mit konstanter Geschwindigkeit über die Brücke. Anschliessend wurden ein Jahr lang kontinuierlich Messdaten erfasst. Diese Daten waren die Basis, um die Nachweise der Trag- und Ermüdungssicherheit zu ermitteln.

Monitoring-Konzept

Da im laufenden Bahnbetrieb die Stahlkonstruktion nur schwer zugänglich ist, wurden die Langzeitmessungen mit dem festinstallierten, vollautomatischen Bauwerk-Monitoring-System swissmon durchgeführt. Das System kann beliebig viele unterschiedliche Messsensoren zyklisch oder getriggert – zum Beispiel durch das Überfahren eines Zugs – betreiben. Die automatische Monitoring-Lösung swissmon erfasst schliesslich kontinuierlich und mit hoher Systemgenauigkeit und Datenverfügbarkeit alle Messwerte des Sensornetzwerks. Insgesamt wurden in Eglisau 129 Dehnungsmessgeber installiert. Bewegungen des Stahlfachwerks, bezogen auf die Widerlager, werden mit sechs Wegmessgebern im Bereich des Ober- bzw. Untergurtes erfasst. Beschleunigungsmessgeber und Temperatursensoren vervollständigen die Messanordnung. Sobald nun ein Zug auf die Brücke fährt, erfasst swissmon automatisch alle Messwerte. Anschliessend werden die Daten redundant gesichert, ausgewertet und stehen allen Projektbeteiligten zur weiteren Bearbeitung zur Verfügung.

Analyse des Langzeit-Monitorings

Mit den Messwerten aus dem Langzeit-Monitoring und der Umrechnung in die massgebenden Nietlagen im Nachweisquerschnitt mithilfe des dreidimensionalen

Stabmodells konnte für die meisten Bauteile der Nachweis der Dauerfestigkeit erbracht werden. Für die übrigen Bauteile wurde er mittels Schadensakkumulationsberechnung nach Palmgren-Miner durchgeführt. Der Einbau eines Schottertrogs entlastete die Längsträger und damit auch deren Anschlüsse an die Querträger. Die Längs-/Querträgeranschlüsse, die vor allem bei offenen Fahrbahnen oft das massgebende Konstruktionsdetail für die Ermüdung sind, weisen somit ebenfalls eine genügende Ermüdungssicherheit auf.

Angaben zu den Verkehrsbelastungen und die berechnete Ermüdungsschädigung zeigten zudem, dass die genietete Konstruktion während der bisherigen Nutzungsdauer von 116 Jahren einer vergleichsweise geringen Beanspruchung ausgesetzt war. Erst in den kommenden Jahren ist eine Verkehrsbelastung zu erwarten, die für die Ermüdung bedeutend sein wird. Anhand der Messwerte aus dem Monitoring konnte demzufolge rechnerisch für die gesamte Nietkonstruktion eine genügende Ermüdungssicherheit sowie für das massgebende Bauteil eine weitere Nutzungsdauer von mehr als 50 Jahren nachgewiesen werden.

Folgerungen und Ausblick

Mit dem aufgezeigten Nachweisverfahren für die Ermüdungssicherheit wurde das primäre Ziel des Projekts «Brückenmonitoring Eisenbahnbrücke Eglisau» erreicht. Das Tragverhalten und die Ermüdungssicherheit der genieteten Konstruktion wurden auf der Datengrundlage des Messprogramms beurteilt. Eine weitere Nutzungsdauer von mindestens 50 Jahren wurde nachgewiesen. Durch das Monitoring können notwendige Ersatzmassnahmen hinausgezögert werden. Mögliche Verstärkungsmassnahmen können gezielt geplant und eingesetzt werden, oder es kann, wie im vorliegenden Fall, ganz darauf verzichtet werden. 

Christian Meyer und
Gabriele Kadner
Terra Monitoring AG



Auf der Grundlage des Langzeit-Monitorings wurden das Tragverhalten und die Ermüdungssicherheit der 90 Meter langen Stahlkonstruktion im Zentrum der Brücke beurteilt.